

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА АКУСТИКИ ТА АКУСТОЕЛЕКТРОНІКИ**

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ В.С. Дідковський
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2019 р.

Бакалаврська робота

зі спеціальності (спеціалізації)

171 Електроніка
(код і назва спеціальності)

на тему: Розробка макету акустичної системи виявлення перешкод за допомогою ультразвукового далекоміру HC-SR04 для Arduino

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи ДГ-51
(шифр групи)

Сінчук Ігор Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доц. каф. А та АЕ к.т.н. Богданова Н.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2019

Завдання на бакалаврську роботу

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) факультет електроніки

Кафедра акустики та акустoeлектроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) за освітньо-
професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Дідковський В.С.
(підпис)

«_____» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ на бакалаврську роботу студенту

Сінчук Ігор Олександрович

1. Тема дисертації «Розробка макету акустичної системи виявлення перешкод за допомогою ультразвукового далекоміру HC-SR04 для Arduino», Керівник дисертації доцент Богданова Наталія Володимирівна затверджені наказом по університету від « _____ » _____ 2019р. № _____ .

2. Термін подання студентом дисертації: 22.05.2019 р.

3. Об'єкт дослідження: електронна система виявлення перешкод.

4. Вихідні дані: Електронна система виявлення перешкод, що розробляється повинна володіти наступними технічними параметрами:

- період між імпульсами не менше 50 мс;
- частота 40 кГц;
- ефективний кут огляду 15°;

- робочий кут огляду 30°;
- напруга живлення 5В;
- вимірюваний діапазон – від 2 до 400 см;
- точність – 0,3 см.

5. Перелік завдань:

5.1. Теоретико-методологічні аспекти електронної системи виявлення перешкод.

5.2. Розробка та опис структурної та електричної схем системи ультразвукового виявлення перешкод.

5.3. Розрахунок електричного режиму та параметрів електронної системи виявлення перешкод

5.4. Розробка схеми структурної установки для дослідження параметрів електронної системи виявлення перешкод.

5.5. Методика експериментальних досліджень, порівняння отриманих результатів з розрахунковими параметрами.

6. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо): Презентація в середовищі MS PowerPoint

7. Орієнтований перелік публікацій:

1) Богданова Н.В., Сінчук І.О. Розробка макету акустичної системи виявлення перешкод за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04 для Arduino. East European Scientific Journal. Warsaw, Poland. #1(41), 2019 part 1, Рр. 4-9.

2) Сінчук І.О. Огляд технічних засобів виявлення перешкод. Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем. Збірка матеріалів II Всеукраїнської науково-технічної конференції. 25-26 квітня 2019р. Тези доповідей. Київ, Україна. С.74

8. Дата видачі завдання: 01.09.2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір та вивчення джерел інформації для написання дипломної роботи; складання бібліографії наукових джерел	13-27.09.2018	
2	Складання плану дипломної роботи	28.09-06.10.2018	
3	Підготовка та написання першого розділу	07-20.10.2018	
4	Підготовка та написання другого розділу	21.10-26.10.2018	
5	Розроблення макету	26-07.11.2018	
6	Підготовка та написання третього розділу	07-14.11.2018	
7	Написання анотації, вступу та висновків	15-30.11.2018	
8	Виправлення зауважень	16-22.12.2018	
9	Оформлення дипломної роботи	02.02-11.02.2019	
10	Здача оформленої роботи на кафедру	14.12.2018	
11	Захист дипломної роботи		

Студент

(підпис)

Сінчук І. О.

Керівник роботи

(підпис)

Богданова Н. В.

Анотація

Метою даної дипломної роботи є розробка акустичної системи виявлення перешкод урахуванням сучасного рівня розвитку електроніки. При розробці необхідно задовольнити вимоги, описані в завданні на дипломний проект. Також слід прагнути створити компактний і зручний у використанні пристрій, який буде конкурентоспроможним в порівнянні з аналогами.

Для поставленої мети у роботі необхідно виконати низку завдань:

- здійснити огляд науково-технічної літератури за темою наукового дослідження;
- розробити структурну схему електронної системи виявлення перешкод;
- обґрунтувати вибір схеми електричної принципової;
- обґрунтувати вибір елементної бази;
- розкрити принцип роботи схеми електричної принципової;
- здійснити розрахунковий розділ;
- розробити макет електронної системи виявлення перешкод.

Об'єктом роботи виступає електронна система виявлення перешкод.

Предметом є процес розробки електронної системи виявлення перешкод.

Ключові слова: робототехніка; ультразвукова електронна система; локація; Arduino.

Summary

The purpose of this thesis is to develop an electronic system for detecting obstacles in the light of the current level of development of electronics. When designing, you must satisfy the requirements described in the assignment for a thesis project. You should also strive to create a compact and easy to use device that will be competitive compared to analogues.

For the stated purpose in work it is necessary to perform a number of tasks:

- carry out a review of scientific and technical literature on the topic of scientific research;
- to develop a structural scheme of the electronic system for detecting obstacles;
- to substantiate the choice of the circuit of the electric principle;
- substantiate the choice of the element base;
- to reveal the principle of operation of the circuit diagram of the electric principle;
- carry out the calculation section;
- develop a mock-up of an electronic system for detecting obstacles.

The object of work is the electronic system for detecting obstacles.

The subject is the process of developing an electronic system for detecting obstacles.

Key words: robotics; ultrasonic electronic system; location; Arduino.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1. Теоретично-методологічні аспекти електронної системи виявлення перешкод	8
1.2. Датчик, як основний елемент електронних систем виявлення перешкод	11
1.3. Технічні тенденції розвитку електронних систем виявлення перешкод	20
Висновки до першого розділу та постановка завдання	26
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	27
2.1. Розробка та опис структурної схеми ультразвукового виявлення перешкод	27
2.2. Технічні параметри розроблюваної електронної системи виявлення перешкод	30
2.3. Розробка та дослідження фізико-математичної моделі	30
2.4. Розробка структурної схеми електронної системи виявлення перешкод та підбір основних елементів	33
2.5. Розробка електричної принципової схеми електронної системи виявлення перешкод	40
2.6. Розрахунок електронного режиму та параметрів електронної системи виявлення перешкод	43
Висновки до другого розділу	47
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	48
3.1. Розробка схеми структурної установки для дослідження параметрів електронної системи виявлення перешкод	48
3.2. Методика експериментальних досліджень, порівняння отриманих результатів з розрахунковими параметрами	51
Висновки до третього розділу	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВСТУП

На сьогоднішній день, питання впровадження робототехніки знаходить своє застосування у сфері послуг. По всьому світу сервісні роботи стали з'являтися в музеях, аеропортах, магазинах, лікарнях та інших в установах, де потрібні операції обслуговування. Такими операціями є переміщення предметів: товарів, ліків, тощо, патрулювання приміщення, рух з метою залучення уваги, надання інформаційних ресурсів, прибирання приміщень і т. д. В сегменті роботів для населення будуть все більш популярними машини, які надають безпосередню підтримку людині. Робот дозволяє не тільки дистанційно переміщатися в просторі, але і взаємодіяти з об'єктами.

Існуючі сервісні роботи функціонують тільки за допомогою телекерування, при цьому даний режим мало автоматизований. Датчики на борту робота, наприклад, інфрачервоні та ультразвукові далекоміри, забезпечують безпеку руху в статичному середовищі через заборону наближення до перешкод при телеуправлінні.

Однією з головних завдань у мобільної рухомої робототехніки є проблема виявлення перешкод як нерухомих, так і рухомих. Рішення такої задачі відкриває шляхи до розробки систем маршрутизації роботів. Як правило, для пересування по відомому маршруту використовуються системи глобального позиціонування. Однак такий спосіб не завжди достатньо надійний, оскільки має значну похибку по відношенню до розмірів самого робота, а в закритих приміщеннях і зовсім може не працювати. Для уточнення положення робота щодо інших об'єктів використовуються в основному системи технічного зору в оптичному діапазоні на основі стандартних відеокамер і відеокамер, що працюють в інфрачервоній частині спектра [1, 2]. Системи технічного зору дозволяють отримати більше інформації про оточуючі об'єкти, але в певних умовах

цілком достатньо знати лише про присутність того чи іншого предмета на шляху руху робота. У таких ситуаціях способом вирішення проблеми відносного позиціонування є використання датчиків різної фізичної природи. Дані системи можуть бути застосовані як у рамках конструкцій сучасних роботів так і для допомозі руху людини, наприклад, не зрячої, система подаватиме звуковий сигнал, у разі виникнення на шляху перешкоди.

Тому на сьогодні, актуальним питанням постає розробка електронної системи виявлення перешкод, що й посприяло при виборі теми дипломного проекту.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Теоретико-методологічні аспекти електронної системи виявлення перешкод

Для більшості автономних мобільних платформ однією з актуальних задач є проблема розпізнавання та подолання перешкод. Рішення цієї проблеми є ключем до створення алгоритмів навігації робота в просторі, тобто аналізу навколишньої ситуації і вибору маршруту самим роботом без участі людини.

Представлені в літературі рішення [1-4] для орієнтації в просторі найчастіше засновані на наступних принципах:

- використання систем глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС) і прив'язка до карті місцевості;
- використання систем машинного зору в оптичному діапазоні електромагнітного випромінювання (інфрачервоні камери, стандартні камери у видимій області спектра);
- використання різного роду датчиків відстані.

Основна проблема, що виникає при використанні систем на основі перших двох принципів – високе обчислювальне навантаження, пов'язане із завданнями обробки зображення від однієї або декількох камер, а також проблема аналізу відповідності поточних координат перешкодам, позначеним на карті місцевості. Крім того, системи глобального позиціонування, як правило, мають значну похибку в локальних умовах, а в закритих приміщеннях і зовсім можуть не працювати, що призводить до необхідності останніх обладнувати спеціальними засобами локалізації (активні маяки, мітки).

Електронна система виявлення перешкод (далі ЕСВП) – це сукупність технічних засобів та організаційних заходів, що дозволяють контролювати доступ до об'єктів ЕСВП.

В даний час, ЕСВП є одним з найбільш застосовних методів рішення задач виявлення перешкод. Дивлячись на швидке зростання інтересу до ЕСВП і перспективу широкого їх застосування в найближчому майбутньому, не слід забувати, що ЕСВП тільки спрощує процес ідентифікації, економить час і підвищує ефективність роботи служб безпеки організації, але, при цьому, все одно вимагає контролю з боку людини. Від рівня ймовірних загроз і поставлених перед системою завдань, залежить необхідність підбору оптимального співвідношення між людьми і технічними ресурсами системи.

Установка системи виявлення перешкод, що дозволить не тільки підняти рівень загальної безпеки, але і скоротити витрати на її забезпечення, оскільки ЕСВП не вимагають великої кількості персоналу для обслуговування, економічні в споживанні електроенергії.

Однак, велика кількість що випускаються в усьому світі ЕСВП і відсутність аналітичних даних щодо їх порівнянні, недолік інформації про функціональні, технічні і експлуатаційні можливості систем, несумлінність виробників, значно ускладнюють процес вибору ЕСВП, придатних для певних типів об'єктів. Відсутність досвіду у сфері використання ЕСВП серед покупців і відсутність фахівців вищого класу, здатних здійснювати установку і технічне обслуговування на високому рівні і в стислі терміни, призводить до помилок і недоліків, допущених в процесі проектування систем, порушень правил експлуатації, що в цілому, значно знижує ефективність та доцільність застосування ЕСВП. При цьому цілі, на досягнення яких направлені ці системи, залишаються єдиними [3].

Будь-яка ЕСВП призначена для того, щоб автоматично виявляти перешкоди на шляху певного об'єкта. ЕСВП дозволяє в будь-який час забезпечити контроль над ситуацією, порядок, безпеку користувача.

Спочатку ЕСВП з'явилися в зарубіжних країнах, які пішли по шляху створення саме систем виявлення перешкод. Пов'язано це було, в першу

чергу, з тим, що в той час просто не існувало програмних засобів, які б надавали можливості для створення подібного роду систем. Контролерна ЕСВП – це сукупність апаратних, програмно-технічних засобів та організаційно-методичних заходів, за допомогою яких вирішується завдання контролю і управління відвідуванням окремих приміщень. При їх дійсному різноманітті всі вони працюють за єдиною схемою: обладнання (запірно-пропускний механізм, а також засоби – пристрій, призначений для зчитування (введення) ідентифікаційних ознак та ін), що підключається до контролера, який в свою чергу під'єднується до комп'ютера.

Технології XXI століття дозволили створити новий вид ЕСВП, який якісно відрізнявся від своїх попередників. Програмна ЕСВП – це сукупність програмно-технічних засобів автоматизації контролю виявлення перешкод.

Відповідно, при реалізації програмної ЕСВП такий проміжний етап як контролер виключається, і все обладнання підключається безпосередньо до комп'ютера, що дозволяє моментально отримувати і обробляти інформацію, складаючи різного роду звіти в режимі реального часу. Крім того, у програмній ЕСВП користувач може самостійно налаштовувати систему зі свого робочого місця. У разі пред'явлення специфічних вимог до системи програмна ЕСВП надає засоби для їх реалізації. Отже, головною відмінністю вищеназваних видів ЕСВП є наступне:

У контролерних ЕСВП інформація спочатку закладається в контролер, і тільки потім переноситься на ПК. Як правило, це відбувається вже *postfactum*.

У програмних ж ЕСВП безпосередній зв'язок устаткування з комп'ютером дає можливість отримувати і обробляти інформацію відразу ж у момент її надходження.

У разі реалізації контролерної ЕСВП всі зареєстровані події, всі коди ідентифікаторів зі списком прав кожного з них зберігаються в пам'яті контролера. При цьому необхідно враховувати, що пам'ять контролера,

незважаючи на сучасні технології, обмежена, час читання подій з пам'яті контролера при відновленні комплексного режиму може бути досить тривалим. При установці програмної ЕСВП вся інформація зберігається в пам'яті, відповідно, комп'ютера, і процедура внесення змін в систему набагато більш легко здійсненна. Оскільки контролер є окремим компонентом системи, то при виході його з ладу порушується безпека всієї системи, що створює додатковий фактор ризику для ЕСВП.

Розглянемо також питання про електроживлення ЕСВП. Професійні контролери, як правило, мають власний акумулятор, який підтримує працездатність контролера від декількох годин до декількох діб. При використанні простого автономного контролера без власного блоку живлення, необхідно придбати джерело безперебійного живлення, спеціально для цього призначене [4].

Таким чином, у разі відключення електрики контролеру потрібно додаткове живлення – будь-який контролер повинен мати акумулятор, що збільшує його вартість, або потрібно окреме джерело безперебійного живлення для контролера, що збільшує вартість всієї системи. У той час як наявність джерела безперебійного живлення для комп'ютера – це само собою зрозумілий факт.

1.2. Датчик, як основний елемент електронних систем виявлення перешкод

Широкий діапазон датчиків розділений на два основних класи. До першого класу відносяться пристрої, призначені для визначення порогового, граничного або приблизного миттєвого значення вимірюваної фізичної величини. До другого – пристрої, здатні проводити вимірювання фізичних величин із заданим ступенем точності. В цьому розділі будуть розглянуті лише датчики, призначені для роботи з механізмами та пов'язаними з ними пристроями автоматизації. Крім цього, з даної тематики

існує велика кількість спеціалізованої літератури, в якій описаний весь спектр таких пристроїв, які представлені в даний час на ринку. Ці пристрої повинні виконувати три основні функції, що представлені на рис. 1.1



Рис. 1.1. Функції датчиків

Величезна різноманітність технічних реалізацій цих функцій, необхідних задовольнити конкретним вимогам споживачів, змушує виробників безперервно розширювати модельний ряд пристроїв. Передові розробки компанії Schneider Electric в області проектування датчиків спрямовані на те, щоб спростити модельний ряд пристроїв не тільки не зменшивши функціональні можливості, але і навпаки – розширивши їх.

Функція виявлення є найбільш важливою, оскільки вона є першою ланкою в інформаційному ланцюгу виробничого процесу. В автоматизованій системі управління датчики забезпечують збір даних:

- реєстрацію відповідних величин за подіями, зазначеним у виконуваний програмі;
- реєстрацію відповідних величин протягом всіх етапів виробничого процесу згідно з виконуваною програмою.

Цілі виявлення досить різноманітні, тому перерахуємо лише основні з них: контроль присутності/відсутності або стану об'єкта; контроль переміщення об'єкта, потоку рідини і виявлення перешкод; виконання функції перерахунку. У цих випадках зазвичай використовуються дискретні датчики. Існують також більш специфічні завдання: контроль присутності

або рівня газу або рідини; контроль форми; контроль положення (кутове, лінійне і т. д.); читання/запису кодової інформації.

Датчики здатні виявляти різні фізичні величини, основними з яких є:

- механічні (тиск, сила) для електромеханічних кінцевих вимикачів;
- електромагнітні (магнітне поле, сила) для магнітних сенсорів і індуктивних безконтактних датчиків;
- світлові (сила світла, заломлення) для фотоелементів;
- електрична ємність для ємнісних безконтактних датчиків;
- акустичні (швидкість поширення звуку) для ультразвукових датчиків;
- рідинні (тиск) для реле тиску;
- оптичні (сканування зображення) для оптичних енкодерів.

Ці системи мають свої переваги і обмеження для кожного типу датчика: деякі надійні, але вимагають безпосереднього контакту з об'єктом, інші можуть працювати в агресивних середовищах, але тільки з металевими об'єктами [5].

Для полегшення використання датчиків, до них додаються спеціальні допоміжні функції, такі, наприклад, як налаштування на основі навчання. Ця функція може використовувати спеціальну кнопку, за допомогою якої можна встановити максимум і мінімум діапазону чутливості (дуже точне юстування переднього і заднього планів ± 6 мм для ультразвукових датчиків) або, наприклад, врахувати вплив навколишнього середовища для фотоелектричних датчиків.

Електромеханічні кінцеві вимикачі працюють за принципом: датчик спрацьовує при безпосередньому фізичному контакті головки датчика з рухомим або нерухомим об'єктом. Сигнал подається в інформаційну систему за допомогою дискретного електричного контакту. Разом вони (головка датчика і дискретний електричний контакт) утворюють пристрій,

іменований кінцевим вимикачем. Кінцеві вимикачі застосовуються практично у всіх автоматизованих системах через низки переваг їх конструкції.

Датчики розрізняються за способом функціонування контакту: Контакт миттєвої дії або перемикач зі швидким розмиканням. Функціонування контакту характеризується явищем гістерезису, тобто явно різною поведінкою в точках замикання і розмикання.

Швидкість, з якою переміщається рухома частина контакту, не залежить від швидкості переміщення головки датчика. Ця особливість дає прийнятну швидкість комутації навіть у випадках переміщення головки на малих швидкостях. Все більше кінцевих вимикачів з контактами миттєвої дії мають функцію позитивного спрацювання, яка використовує розмикальний контакт і визначається наступним чином: «Датчик задовольняє цій вимозі в тому разі, якщо достовірно відомо, що всі його нормально замкнуті контакти здатні перейти в розімкнений стан, тобто відсутній будь-який пружний зв'язок між рухомим контактом і головкою, що піддається механічному впливу». Це в рівній мірі стосується як електричного контакту, так і головки, яка повинна передати механічний вплив без спотворень.

Контакт уповільненої дії. Режим роботи характеризується наступними особливостями: симетрія точки замикання і розмикання; швидкість рухомого контакту дорівнює або пропорційна швидкості головки, яка не повинна бути менше 0,1 м/с (6 м/хв). Нижче цього порогового значення швидкість розмикання занадто мала, що може призвести до виникнення важко подавлюваної електричної дуги і порушення електричних характеристик контакту, швидкість розмикання також залежить від довжини ходу головки. Ці контакти спроектовані таким чином, що режим примусового розмикання вони переходять природним чином: натискний шток впливає безпосередньо на рухомі контакти.

Індуктивні безконтактні датчики. Фізичні принципи, на яких заснована робота даного типу датчиків, що дозволяють їх використовувати тільки з металевими об'єктами. Принцип роботи В якості чутливого елемента виступають індуктивні котушки (L), які з'єднані з конденсатором (C). Разом вони утворюють коливальний контур з резонансною частотою F_0 , зазвичай лежить в діапазоні частот від 100 кГц до 1 МГц.

Електронна схема датчика підтримує коливання в ланцюзі з частотою резонансу згідно з наступною формулою:

$$F_0 = 1 / 2\pi\sqrt{LC} \quad (1.1)$$

Ці коливання породжують змінне магнітне поле перед котушкою. Поява в зоні змінного магнітного поля металевих об'єктів приводить до виникнення в цьому об'єкті вихрових струмів, які в свою чергу створюють додаткове навантаження, що змінює умови протікання коливань в резонансному контурі (рис. 1.2).

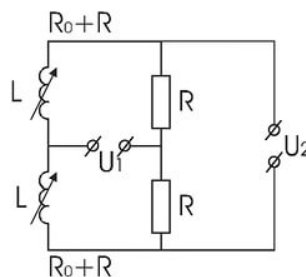


Рис. 1.2. Принцип дії індуктивного датчика

При наближенні металевих об'єктів до датчика відбувається різке зниження добротності коливального контуру, що в свою чергу веде до зменшення діапазону коливань.

Максимальна відстань виявлення об'єкта залежить від металу, з якого зроблений об'єкт.

Осцилятор: існують різні типи осциляторів, в тому числі осцилятори з фіксованим від'ємним опором R , рівним за абсолютним значенням

паралельно включеного опору коливального контуру R_p в заданому діапазоні: якщо об'єкт знаходиться за межами цього діапазону, то $|R_p| > I - RI$, коливання продовжують підтримуватися; якщо об'єкт знаходиться в межах діапазону $|R_p|$

Живлення і контроль вихідного сигналу датчика: живлення датчика може здійснюватися в широкому діапазоні напруг (від 10 До пост. струму до 264 В пер. струму). Вихідний сигнал датчика формується на рівні 0,2 А при постійному струмі або 0,5 А при змінному струмі із захистом від коротких замикань або без нього.

На роботу індуктивних датчиків впливають наступний ряд факторів:

- відстань спрацьовування;
- площа поверхні об'єкта, що виявляється;
- S_n : номінальна зона чутливості, при роботі з об'єктом з маловуглецевої сталі варіюється від 0,8 мм (діаметр датчика 4) до 60 мм (датчик 80x80);
- гістерезис, змінюється в діапазоні від 2 до 10% від S_n для запобігання брязкоту;
- частота, з якою об'єкти перетинають робочу зону датчика, відома як частота перемикання (до 5 кГц).

Ємнісні безконтактні датчики. Чутливим елементом датчика є пластина конденсатора. На неї подається синусоїдальна напруга, що створює змінне електричне поле. Ця напруга повинна бути відкаліброваною щодо нульового потенціалу, наприклад, потенціалу землі, друга пластина конденсатора з'єднується з будь-яким елементом, що має нульовий потенціал, наприклад з корпусом пристрою. Спільно пластини утворюють конденсатор, ємність якого визначається за формулою:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r A / d, \quad (1.2)$$

де $\epsilon_0 = 8,854187 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – діелектрична проникність вакууму ϵ_r – відносна діелектрична проникність середовища між пластинами конденсатора.

Фотоелектричні датчики. Принцип роботи фотоелектричних датчиків дозволяє виявляти будь-які типи об'єктів прозорі, непрозорі, відображають. Вони також використовуються для виявлення людей (автоматичні двері і бар'єри безпеки).

Принцип роботи (рис. 1.3). Світлодіод випромінює світлові імпульси, зазвичай в інфрачервоному діапазоні (нм). В залежності від присутності або відсутності об'єкта, світловий імпульс приймається або не приймається фотодіодом або фототранзистором. Одержуваний у результаті фотоелектричний струм підсилюється і надходить на компаратор, який порівнює його з пороговим значенням. На підставі цього порівняння на вихід датчика надходить той чи інший дискретний сигнал [6].

Оптоволоконні системи. Принцип роботи: поширення світлової хвилі по оптоволоконному кабелю базується на повному внутрішньому відбитті. Внутрішнє відбиття може бути повним в тому випадку, якщо світловий промінь проходить з одного середовища в інше, має менший коефіцієнт заломлення по відношенню до першого. Крім цього, відображення без втрат можливо тільки в тому випадку, якщо кут падіння променя буде більше критичного значення $[\theta_c]$.

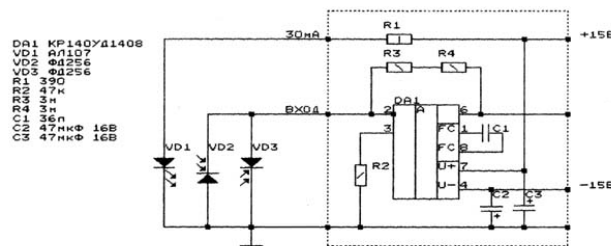


Рис.1.3. Принцип роботи фотоелектричного датчика

На внутрішнє відбиття впливають два фактори: коефіцієнт заломлення і критичний кут. Ці величини пов'язані наступною рівністю:

$$\sin\theta_c = n_2/n_1 \quad (1.3)$$

Якщо відомі коефіцієнти заломлення обох середовищ, то обчислення критичного кута досить просте. З точки зору фізики коефіцієнт заломлення середовища являє собою відношення швидкості світла у вакуумі (c) до швидкості світла у розглянутій середовищі (v). Коефіцієнт заломлення повітря приймається рівним коефіцієнту заломлення вакууму і дорівнює 1, оскільки швидкості світла в обох середовищах практично однакові.

Ультразвукові датчики. Ультразвукові хвилі формуються за допомогою електроакустичного перетворювача (п'єзоелектричний ефект), який перетворює підводиться електричну енергію в механічні коливання допомогою п'єзоелектрики або магнітострикції (рис. 1.4).

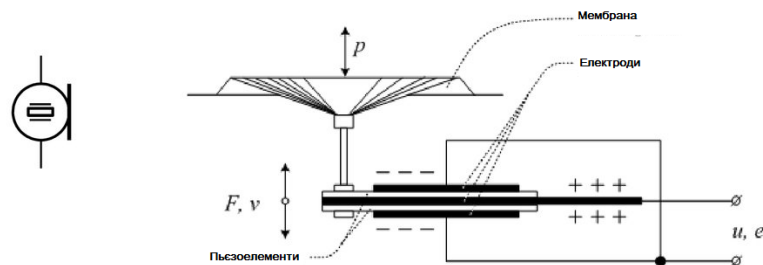


Рис. 1.4. Принцип електроакустичного перетворювача

Принцип роботи полягає у вимірі часу, необхідної звукової хвилі на переміщення між датчиком і об'єктом. Швидкість переміщення в повітрі становить 340 м/с при температурі 20°C, тобто на виявлення з відстані в 1 м потрібно 3 мс. Цей час вимірюється за допомогою лічильника, вбудованого в мікроконтролер. Перевагами ультразвукових датчиків є велика відстань виявлення (до 10 м) і можливість виявляти будь-які об'єкти, що відображають звук, незалежно від їх форми і кольору.

Мертва зона: зона між чутливою поверхнею датчика і мінімальною відстанню, на якій об'єкт може бути достовірно виявлений. В межах мертвої зони виявлення об'єкта неможливо. Знаходження об'єктів в мертвої зоні датчика під час його роботи неприпустимо, оскільки це може негативно

вплинути на стабільність роботи. Зона виявлення: область, в межах якої датчик здатний зафіксувати об'єкт. В залежності від моделі зона виявлення може бути фіксованою або регульованою, тобто налаштовуватися простим натисненням кнопки.

Фактори, що впливають на роботу датчика: ультразвукові датчики широко застосовуються для виявлення об'єктів, що мають плоску поверхню, перпендикулярну осі виявлення. Тим не менш, існує ряд факторів, здатних чинити негативний вплив на роботу датчика:

- раптові сильні потоки повітря можуть прискорити або, навпаки, уповільнити звукову хвилю;
- різкі температурні перепади в області виявлення датчика. Коли об'єкт випромінює велику кількість тепла, виникають різні температурні області, які змінюють швидкість розповсюдження хвилі, що призводить до неточності роботи датчика;
- звукопоглинальні матеріали, такі як бавовна, тканина і гума. У цьому випадку рекомендується використовувати режим роботи «Відбиття»;
- кут між площиною поверхні об'єкта і віссю виявлення датчика. У випадках, коли цей кут відмінний від 90° , відбита хвиля відхиляється від осі датчика, що знижує максимальну дистанцію виявлення. Чим більше відстань між об'єктом і датчиком, тим сильніше виявляється цей ефект. При відхиленнях, що перевищують 10° , виявлення стає неможливим;
- форма об'єкта. Згідно з попереднім пунктом об'єкти, що мають кутасту форму, важко виявити.

Переваги ультразвукових датчиків

- відсутній фізичний контакт датчика з об'єктом, тому відсутній знос і є можливість виявлення крихких або свіжопофарбованих об'єктів;
- об'єкти з будь-якої речовини і будь-якого кольору можуть бути виявлені на однаковій відстані без додаткових налаштувань і корекцій;

- відсутні рухомі частини всередині датчика, тому термін служби датчика не залежить від кількості робочих циклів;
- висока стійкість до зовнішніх впливів: вібро-, волого-, пило - та ударостійкість;
- функція навчання, яка реалізується за допомогою кнопки для встановлення мінімального і максимального відстані виявлення.

RFID – радіочастотна ідентифікація. Принцип дії заснований на наданні кожному об'єкту можливості зберігання даних доступних віддалено для читання/запису. Інформація, яка зберігається в пам'яті, доступ до якої здійснюється по радіо, при цьому не потрібно ні прямого контакту, ні пряма видимість. Дальність дії варіюється від декількох сантиметрів до декількох метрів [7].

Система RFID складається з наступних компонентів:

- електронна мітка;
- пристрій читання/запису (або зчитувальний пристрій RFID).

1.3. Технічні тенденції розвитку електронних систем виявлення перешкод

Створення нових технологій, їх розвиток і втілення в комерційних продуктах – процес безперервний і закономірний. Без появи нових технологій зупинився б технічний прогрес, а ринкову економіку чекав би неминучий колапс. Однак кожна з нових розробок має свої особливості і певний потенціал. Якщо одна в змозі лише незначно поліпшити існуючі рішення, то інша здатна здійснити справжній переворот в тієї чи іншої галузі.

Генезис електронних систем виявлення перешкод датується XX століттям. В цьому секторі найбільшим ринком в світі як і раніше залишаються США, а самим швидкозростаючим – Близький Схід, де протягом аналізованого періоду очікується середньорічний приріст 13,2%.

При цьому з продуктових сегментів ринку найшвидше розвиваються системи на смарт-картах – середньорічний приріст тут буде складати понад 10 відсотків. Американський регіон лідирує, очевидно, в силу традиційно високої культури охорони і щодо нещодавно прийнятого курсу на підвищення громадської пильності. У Штатах, крім цього, одні з найсуворіших правил безпеки в аеропортах, нещодавно ще більше посилюються – і все це продовжує стимулювати попит на системи контролю доступу, зокрема, і на системи з використанням смарт-карт. Проте експерти вважають, що для використання нових ринкових можливостей інтеграторам вже недостатньо пропонувати лише інсталяцію систем: необхідно ретельно аналізувати умови об'єктів замовника і пропонувати відповідні завданням сервіси.

Технічні засоби виявлення перешкод – це пристосування, що дозволяють отримувати інформацію про перешкоди на відстані від них [6]. Ці прилади придбали особливу значущість для незрячого. Вони забезпечують безпечне пересування в просторі. До технічних засобів виявлення належать тростини і локатори.

Найбільш поширений і доступний засіб виявлення – біла тростина. Вона виконує функцію оповіщення для пішоходів і водіїв; буфера, що оберігає від зіткнення з перешкодами; щупа, що дозволяє вчасно виявити перешкоди попереду і визначити її характер; генератор звуку, за допомогою звуку зондується простір; опорний засіб; засіб захисту.

Ще один засіб виявлення – локатор. За способом отримання інформації вони поділяються на оптичні (використовують світлове випромінювання видимого або інфрачервоного діапазону частот і акустичні, що працюють на звукових або ультразвукових частотах). Оптичні засоби виявлення перешкод мають ряд недоліків: вони важко розпізнають прозорі середовища, об'єкти (скляні вітрини і двері), телефонні

кабіни, круглі перешкоди певного діаметру, рекламні щити. Так само вони втрачають розрізняльну чутливість при сонячному світлі.

За способом представлення інформації пристрої діляться на: тактильні, акустичні і словесні. Тактильний датчик (рис.1.5) вимагає більшої кількості споживаної енергії.



Рис. 1.5. Тактильний датчик

За способом носіння приймально-випромінювальний блок оформлений у вигляді «брошки», та розміщується на грудях, головному уборі або кріпиться на тростину. Локатори, у яких електронна система знаходиться в руці, на тростині, в окулярах, схильна до більшого впливу зовнішнього середовища, і частіше виходить з ладу. Також слід строго фіксувати датчик покажчика, так як зміщення його дає невірну інформацію.

Дальність виявлення перешкоди від 0,5 до 5 метрів. Ширина спрямованості променя 20 градусів, дальність виявлення перешкоди вимагає захищеність датчика від впливу бічних перешкод, і може викликати постійне звучання, що призводить до реакції відторгнення локатора. Якщо датчик знаходиться на тростині, то тростину треба тримати перед собою, періодично торкаючись поверхні землі. Відхилення тростини вправо або вліво може викликати звучання локатора, що відволікає від виявлення перешкоди попереду [8].

Вага локатора від 200-300 гр.

Ультразвуковий імпульсний локатор (рис. 1.6) сприймає і обробляє ехосигнали. При наявності перешкоди в зоні локації з'являється звуковий,

або вібраційний сигнал небезпеки. Блок обробки інформації знаходиться в кишені і ізолюваний від зовнішнього середовища, що забезпечує їй захист. В основному, дальність виявлення перешкоди 1,52 метра. Безперервність роботи локатора 4 години.



Рис. 1.6. Ультразвуковий імпульсний локатор

Ультразвуковий стереофонічний локатор з безперервним випромінюванням (рис. 1.7) відрізняється від попереднього додаванням другого каналу: інформація сприймається через стереофонічні головні телефони, це дозволяє, крім дальності, оцінювати і напрямлення на перешкоду.

Співробітниками Академія військ зв'язку була запропонована розробка і установка електронних маячків, що працюють на основі супутникового зв'язку, супроводжуючих незрячого до часто відвідуваних об'єктів: метро, підприємства ВОС, будинок культури, бібліотеки, Центр реабілітації, первинні районні організації ВОС і т. д. (робота призупинена) [9].



Рис. 1.7. Ультразвуковий стереофонічний локатор з безперервним випромінюванням

Слід сказати і про систему орієнтування на заздалегідь обладнаній трасі, що працює на основі індукційного зв'язку. У цій системі приймальний пристрій розташовується в тростини, а обладнання траси зводиться до прокладання на площині одновиткової, струмонесучої сигнальної петлі. Робота такої системи базується на знаходженні адміністратора котушкою заданих об'єктів і визначення напрямку пересування. Дальність визначення об'єкта становить один метр, датчик на тростині випромінює переривчасті сигнали з регульованою гучністю [10].

Застосування даної системи вимагає попереднього навчання прийомам роботи з системою орієнтування магнітноіндукційного типу. Прокладка траси потребує витрат коштів. Цю розробку представив «Центр технічних засобів реабілітації» СПб.

Багатофункціональність локатора не завжди веде до надійності у роботі, а навпаки, ускладнює взаємодію функцій і реагування на подразники. Так само це призводить до подорожчання локатора.

Крім засобів виявлення існують засоби індикації, які дозволяють незрячим визначити напрямок при пересуванні. До них відносяться звукові сигналізатори, фоноскоп, компас, радіо передавальні і радіо пеленгаційні пристрої, мобільний телефон, крокомір. Широко використовуються звукові маячки, які встановлюються на входних дверях і світлофорах, що організовує водіїв і пішоходів, допомагаючи переходити вулиці незрячим та людям похилого віку (так як вони теж відчувають труднощі при переході вулиць) [11].

Переносні сигналізатори допоможуть зустрітися двом незрячим в обумовленому місці, позначити місце, до якого треба повернутися. Сигналізатори забезпечені регулюванням частоти імпульсів і гучності.

Для визначення напрямку руху використовується компас. Для цієї ж мети використовується фоноскоп, який дозволяє орієнтуватися на світло. В

залежності від інтенсивності світлового джерела змінюється тон звукового сигналу.

При навчанні просторового орієнтування можуть бути використані радіо командні пристрої, типу «Радіогід», що дозволяє здійснювати дистанційну корекцію руху [12].

Робота з локатором вимагає вмілого поводження з ним. У різних просторових ситуаціях: у транспорті, де багато людей або близько розташовані предмети його слід відключати, а на відкритому просторі – включати дальню локацію, а де потрібно включати і ближню локацію.

Є проблема звикання до ходіння з локатором і ходіння без нього (знову потрібно звикання). Також він знижує активність інших органів почуттів.

Науково-технічний прогрес вимагає розробок нових засобів виявлення перешкод. Модернізація виробництва, що відбувається в країні дає надію на те, що виробництво систем виявлення перешкод стане можливим на новій технічній базі з використанням інноваційних технологій. Це справа найближчого майбутнього. А поки реальним завданням є вдосконалення методик навчання просторового орієнтування з максимальним використанням усіх можливих допоміжних засобів орієнтування.

Висновки до першого розділу та постановка завдання дослідження

У рамках даної бакалаврської роботи пропонується до розробки електронна система виявлення перешкод.

До розроблюваної системи визначення перешкод зважаючи на розглянуті раніше аспекти можна висунути наступні вимоги:

- невелика загальна маса – спираючись на те, що система буде кріпитися на головному уборі, система розпізнавання повинна бути максимально легкою;

- мале енергоспоживання – оскільки апарат є автономним – його живлення здійснюється від акумулятора, ємність якого обмежена;

- мале споживання обчислювальних ресурсів – в силу розмірів та місця встановлення, неможливості встановлення повнофункціонального комп'ютера, з'являється необхідність використовувати контролери з ядром на основі архітектури AVR або ARM з обмеженою швидкістю;

- стійкість до помилок розпізнавання – використовувані засоби повинні з великою часткою ймовірності визначати перешкоди;

- низька вартість.

Виходячи з представлених вимог у наступному розділі буде здійснено підбір керуючого мікроконтролера, необхідних датчиків відстані, прийомо-передавальної апаратури.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Розробка та опис структурної схеми системи ультразвукового виявлення перешкод

В основі вимірювання дальності лежать принципи локації. Виділяють два види локації:

- пасивна локація заснована на прийомі власного випромінювання об'єкта;
- при активній радіолокації радар випромінює свій власний зондуєчий імпульс і приймає його відбитим від цілі.

В залежності від параметрів прийнятого сигналу визначаються характеристики цілі.

Активна локація, в свою чергу, ділиться на:

- локацію безперервної дії;
- локацію імпульсної дії.

Перевагою системи імпульсної дії є дешевизна та простота використання, проте в таких системах дуже ускладнено вимірювання відстані до об'єкта.

В основі вимірювання дальності методом імпульсної локації лежить визначення часу запізнювання t_z сигналів. В залежності від параметрів сигналу, в яких міститься інформація про t_z , розрізняють амплітудний, частотний і фазовий метод вимірювання відстані.

Амплітудний метод характеризується використанням імпульсної модуляції випромінюваних коливань. В цьому випадку для передачі та прийому сигналів працює один трансивер. Далі наведена структурна схема імпульсної локаційної системи. Перемикач (П) під'єднує УЗ трансмітер (УЗТ) до генератора пачки УЗ імпульсів (ГІ) на час t_i генерації УЗ імпульсу і до приймача (ПР) на весь інший час, що визначається періодом проходження імпульсів. Зондувальний сигнал є послідовністю імпульсів з

періодом T_{Π} , який обирається з умови однозначності вимірювання дальності: $R_{max} = \frac{c_{зв} T_{\Pi}}{2}$, де $c_{зв}$ — швидкість звуку.

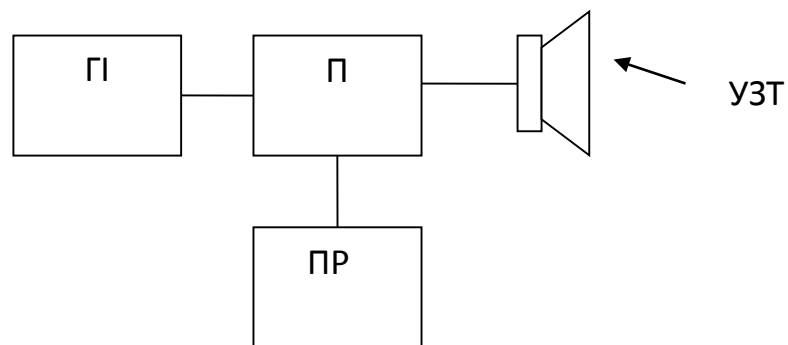


Рис. 2.1. Структурна схема імпульсної ЛС.

Перевагами імпульсних схем локації є можливість використання єдиного оборотного УЗ трансивера для випромінювання та прийому сигналів, зручність одночасного вимірювання відстаней багатьох об'єктів. Недоліки полягають в обмеженні імпульсної потужності випромінювача та в пов'язаному з цим обмеженні R_{max} . [13]

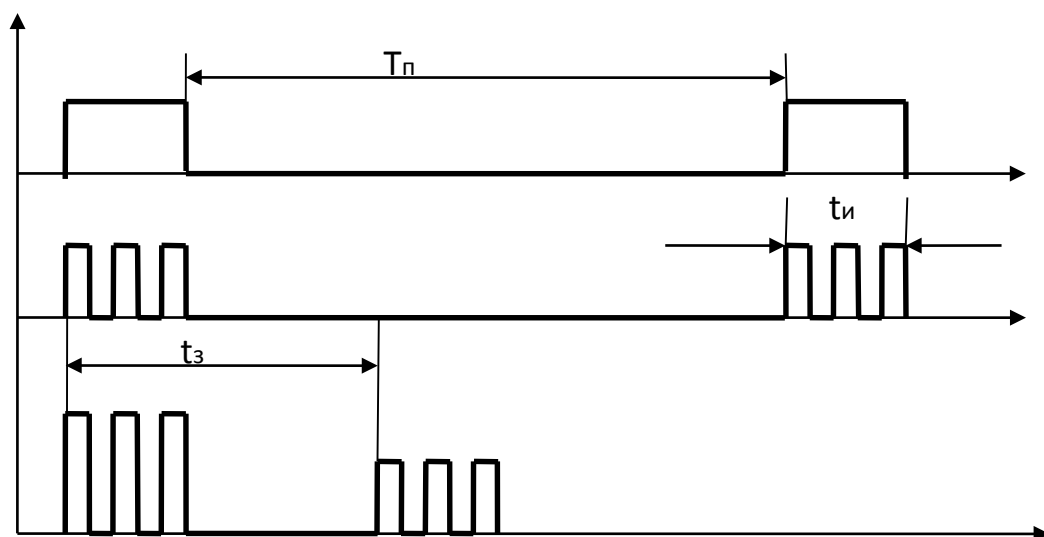


Рис. 2.2. Часова діаграма імпульсної ЛС

Таким чином, акустична система базується на активному методі локації, а саме – ехо-імпульсному. В даному методі нас цікавить час затримки сигналу. Параметри інформаційного сигналу: даний

інформаційний сигнал відноситься до динамічних, які призначені для передачі інформації в просторі (акустичні хвилі). Первинним параметром сигналу буде час, за який повертається відбитий сигнал.

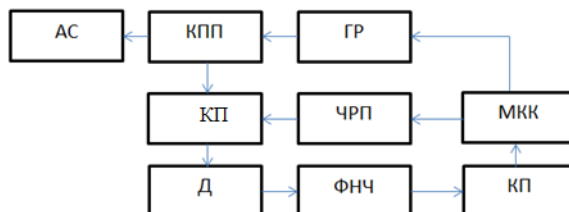


Рис. 2.3. Узагальнена структурна схема акустичної системи

АС – акустична система
 КПП – комутатор прийому-передачі
 ГР – генератор радіосигналу
 КП – керуючий підсилювач (рп)
 ЧРП – часове регулювання підсилення
 МКК – мікроконтролер
 Д – детектор
 ФНЧ – фільтр низьких частот
 КП – компаратор

Електричні імпульси надходять через КПП до оберненого акустичного перетворювача (АС) та випромінюються у повітря у вигляді зондуєчого УЗ-імпульсу. Відбиті від перешкоди звукові хвилі потрапляють на вхід оберненого перетворювача, трансформуються в послідовність електричних імпульсів. Електричний еквівалент ехо – імпульсу поступає через КПП до тракту прийому сигналу, який реалізовано на основі оптимального приймача – корелятора, який складається з смугового фільтру – АС, детектору, ФНЧ та компаратору. Блок підсилення слугує для підтримання амплітуди зонда на постійному рівні. Блок ЧРП потрібен для того, щоб компенсувати втрати акустичної енергії за рахунок явища дифракції, розходження фронту хвилі.

2.2. Технічні параметри розроблюваної електронної системи виявлення перешкод

Електронна система виявлення перешкод, що розробляється повинна володіти наступними технічними параметрами:

- період між імпульсами не менше 50 мс;
- частота 40 кГц;
- робочий кут огляду 30° ;
- ефективний кут огляду 15° ;
- напруга живлення 5В;
- вимірюваний діапазон – від 2 до 400 см;
- точність – 0,3 см.

2.3. Розробка та дослідження фізико-математичної моделі

В основі електронної системи виявлення перешкод, лежить ультразвуковий датчик, принцип дії якого наведено на рис. 2.4.

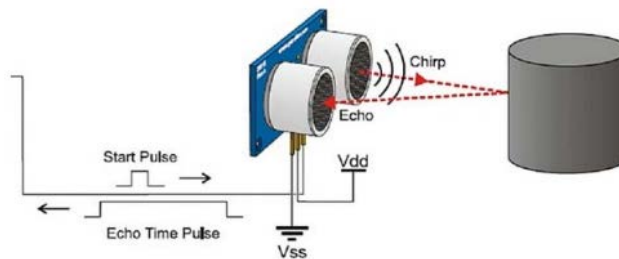


Рис. 2.4. Принцип дії ультразвукового датчику [13]

В основі фізико-математичної моделі лежить наступне упередження: округлий перетворювач з площею

$$S_0 = \pi d^2 / 4 \quad (2.1)$$

розбитий на елементарні випромінювачі площею

$$S = \lambda^2 / 4, \quad (2.2)$$

кількість яких дорівнює

$$N = \pi d^2 / \lambda^2 = \pi n. \quad (2.3)$$

Кожен такий випромінювач має кругову діаграму спрямованості

$$\Phi(\varphi) = \cos \varphi. \quad (2.4)$$

Тому випромінювання імпульсів і прийом сигналів описані як щільності ймовірностей подій, що складаються в спільному випромінюванні-прийомі сигналів від πn незалежних джерел в різних напрямках. Розподіл цих щільностей ймовірності інтерпретовані як сигнали перетворювача в режимі випромінювання-прийому:

$$\begin{aligned} \Phi^2(\varphi) &= (\cos \varphi)^{2\pi n} = (1 + \tan^2 \varphi)^{-\pi n} = (1 + a^2 / r^2)^{-\pi n} = \\ &= (1 + nS / \pi nr)^{-\pi n} \approx \exp(-nS / r^2) = \exp(-y^2 / x^2) = \\ &= \exp(-v^2 / u^2). \end{aligned} \quad (2.5)$$

За умови, що $\pi n \geq 10^2$, помилка заміни функцій не більше 0,1%.

Ультразвуковий датчик бере участь в:

- розпізнаванні місць і об'єктів;
- визначенні вільного простору і планування в ньому руху для того, щоб уникнути зіткнень з перешкодами;
- створення загального уявлення про навколишнє середовище.

Вимірювання, вироблені датчиком, залежать і від положення рухомого об'єкта x і від стану навколишнього його світу y :

$$z_0 = z_0(x, y) \quad (2.6)$$

Описати стан зовнішнього світу можна, наприклад, за допомогою орієнтирів.

Стан може бути або невизначеним, або повністю відомим.

Розподіл моделювання ультразвукового датчика

Усі вимірювання які виробляють датчики, є невизначеними. Реальні датчики завжди видають деякий розкид значень, тобто вимірюють з певною точністю. У результатах вимірювань, зробленими тим чи іншим датчиком завжди присутня деяка похибка [14, 20].

На сьогодні, можна охарактеризувати датчик, побудувавши його математичну модель. Зрозумівши невизначеність, яка присутня у вироблених сенсором вимірах, можна побудувати вірогідну модель вимірювань. Така модель буде представляти із себе розподіл ймовірностей (функцію правдоподібності) виду:

$$p(z_0|x, y) \quad (2.7)$$

Цей розподіл має вигляд колоколоподібної кривої (вид гауссіана).

Функція правдоподібності показує, наскільки ймовірним є еталонне значення \mathbf{x}, \mathbf{y} при отриманні значення \mathbf{z}_0 . Використовуючи функцію правдоподібності можна оцінити невідомий параметр при відомих результатах (коли використовується поняття ймовірність, навпаки використовуючи значення параметра можна передбачити результат) [14,20].

Функція правдоподібності повністю описує роботу датчика:

$$p(z|u), \quad (2.8)$$

є функцією і змінних вимірювання z і еталона u і може бути побудована у вигляді ймовірнісної поверхні.

Імовірнісна модель електронної системи виявлення перешкод наведена на рис. 2.5

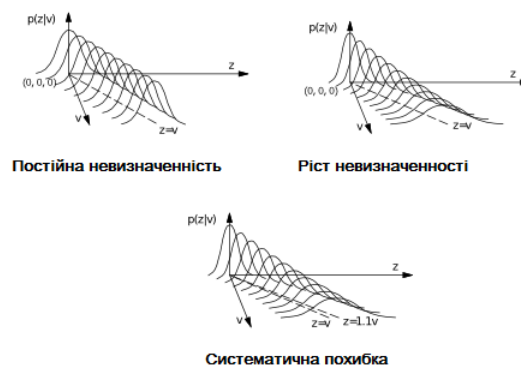


Рис. 2.5. Імовірнісна модель електронної системи виявлення перешкод [20]

Чим більш похилою є функція правдоподібності, тим більше невизначеності вона містить. Тому, чим яскравіше виражені «пікові» вимірювання, тим менше невизначеності система містить в своїх даних.

Функція правдоподібності для ультразвукового датчика говорить нам, наскільки ймовірним є вимірювання, отримане датчиком, з огляду на те, що справжнє очікуване значення m [19].

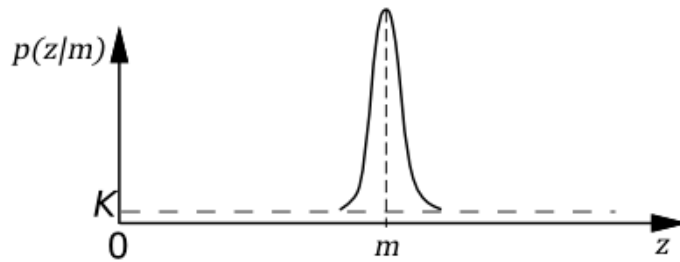


Рис. 2.6. Стійка модель ультразвукового датчика [14,19]

$$p(z|m) \propto e^{-\frac{(z-m)^2}{2\sigma_g^2}} + K \quad (2.9)$$

Цей розподіл має форму вузької кривої Гаусса навколо очікуваного значення з деяким постійним рівнем K , який відображає фіксований відсоток «сміттєвих вимірювань» [20].

2.4. Розробка структурної схеми електронної системи виявлення перешкод та підбір основних елементів

Структурна схема електронної системи виявлення перешкод (рис.2.7) складається з наступних елементів:

- фототранзистор;
- діод D;
- мікроконтролер Arduino Pro Mini (МК);
- сонячна панель;
- акумуляторна батарея живлення (АКБ);
- перетворювач напруги, що підвищує (П) DC/DC;

- модуль Bluetooth для управління по бездротовому зв'язку;
- модуль для управління по каналу інфрачервоного зв'язку (IR);
- ультразвуковий далекомір Ultrasonic ranging module HC-SR04.

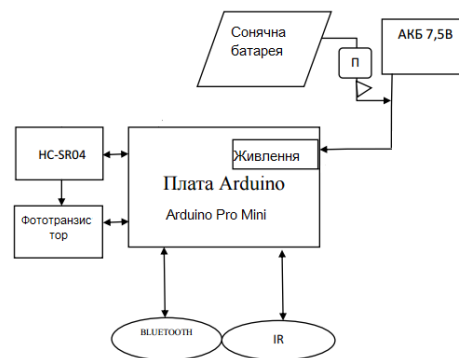


Рис. 2.7. Структурна схема електронної системи виявлення перешкод

Сонячні елементи можуть служити джерелом вторинного електроживлення, якщо таким чином заряджати акумулятори системи. Таке комбіноване джерело живлення знижує вимоги до потужності сонячних елементів в порівнянні з безпосереднім живленням системи від сонячних батарей.

Однак в цьому випадку система буде активно функціонувати тільки частину часу, а в іншу заряджати свої акумулятори [1].

Пристрій може взаємодіяти з оточенням за допомогою актюаторів – електронних компонентів, які перетворюють електричні сигнали в фізичні дії.

Сонячна енергія потрапляє на фотоелемент FS, який генерує електричний струм. Фотоелемент складається з декількох послідовно включених елементів, які генерують напругу порядку 5-7 В. Струм проходить від панелі до перетворювача напруги. Від перетворювача на виході маємо струм 8,40В. Через діод D струм йде до акумуляторних

батарей. Діод в схемі потрібен для запобігання розряду акумуляторних батарей через сонячну панель.

При достатній кількості сонячних елементів можна створити сонячну батарею з практично будь-якими напругою і струмом і здатну забезпечити зарядку будь-якого типу акумуляторів. Звісно, не слід забувати, що потужна сонячна батарея буде займати велику площу для своєї установки.

Бажано використовувати сонячну батарею, що забезпечує прискорений зарядний струм, величина якого знаходиться в межах 0,15-0,3 від ємності акумуляторів [2].

Акумуляторні батареї, в свою чергу, живлять Arduino через канали живлення.

Користувач може управляти пристроєм за допомогою інфрачервоного каналу зв'язку за допомогою пульта управління або ж будь-яким Bluetooth-терміналом, що встановлюється на безліч сучасних пристроїв, таких як смартфони, планшети, комп'ютери.

Рух на світло здійснюється завдяки наявності фоторезисторів, встановлених в передній частині пристрою. Пристрій порівнює рівень освітленості і вибирає максимальне значення.

Автономний рух пристрою з обходом перешкод реалізовано за допомогою ультразвукового далекоміра моделі HC-SR04. Далекомір посилає сигнали і при зустрічі з перешкодою посилає сигнал на зупинку (звуковий).

Найбільша ефективність кутів огляду становить 15 °, що показано на рис.2.8 Діяльність виміру становить 4 метри.

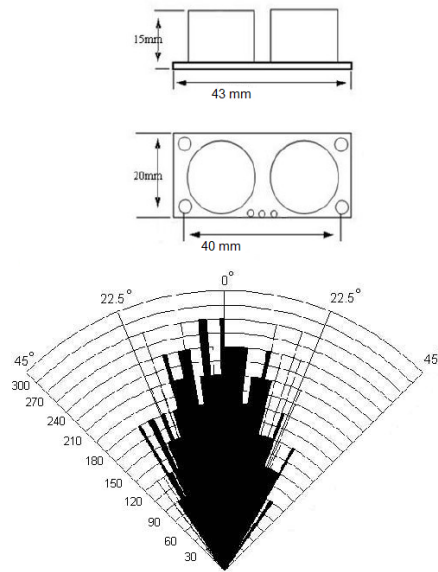


Рис. 2.8. Розміри та кут огляду ультразвукового далекоміра [16]

Відстань до об'єкта визначається за формулою:

$$r = \sqrt{f\left(1/M_2 - M_1\right)} \quad (2.10)$$

де r – відстань до об'єкта; $M_2 - M_1$ – вимір прийнятої потужності випромінювання без підсвічування і з підсвічуванням відповідно; $f(\dots)$ – функція обумовлена налаштуванням далекоміра.

У якості мікроконтролера використовуємо плату Arduino Pro Mini (рис. 2.9). Arduino Pro Mini побудована на мікроконтролері ATmega328. Дана плата використовується в рішеннях, які вимагають мінімальних розмірів (33.3мм * 18.0мм) і низького споживання енергії.

Характеристики

- мікроконтролер ATmega168
- робоча напруга 3.3В або 5В (в залежності від моделі)
- напруга живлення 3.35-12В (для моделі 3.3В) або 5 - 12В (для моделі 5В)
- цифрові входи / виходи 14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)

- аналогові входи 8
- максимальний струм одного виведення 40 мА
- Flash-пам'ять 16 КБ (з яких 2 КБ використовуються для завантаження)
- SRAM 1 КБ
- EEPROM 512 байт
- Тактова частота 8 МГц (для моделі 3.3В) або 16 МГц (в моделі 5В)



Рис. 2.6. Зовнішній вигляд та роз'єми плати Arduino Pro Mini [16]

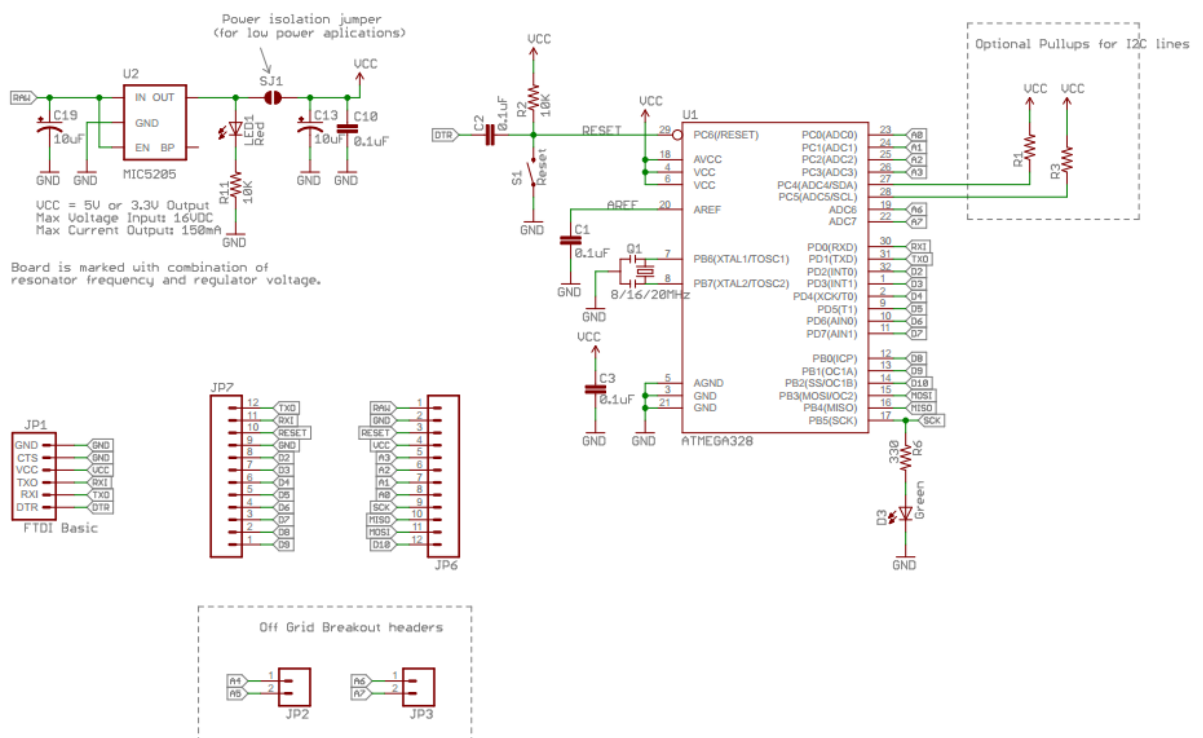


Рис. 2.10. Електрична схема плати Arduino Pro Mini [21]

Перетворювач напруги, що підвищує (П) DC/DC (рис. 2.8). DC-DC перетворювач напруги з 5-13 В на вході, до 12 В вихідного постійного струму 1,5 А. Перетворювач отримує меншу напругу і дає більш високу на виході, щоб використовувати там де є напруга менша необхідних 12 вольт. Використовується для збільшення напруги наявних батарейок. Це по суті інтегральний DC-DC конвертер.



Рис. 2.11. Перетворювач напруги, що підвищує DC/DC [16]

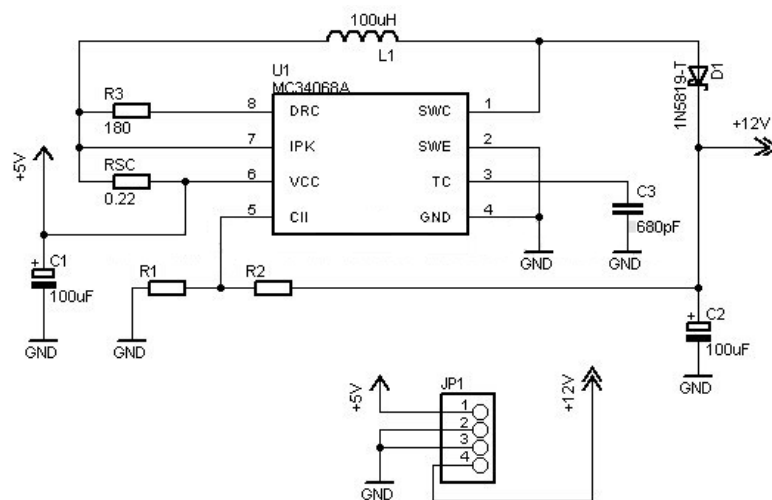


Рис. 2.12. Електрична схема перетворювача напруги DC/DC

Ультразвуковий далекомір Ultrasonic ranging module HC-SR04 (рис. 2.13).

Безконтактний спрямований датчик HC-SR04 використовуючи ультразвукові хвилі, вимірює відстань до об'єкта або просто виявляє перешкоду на шляху руху рухомої конструкції. На платі модуля розміщені

п'єзовипромінювач ультразвуку і мікрофон, що сприймає відбиту хвилю. На відміну від інфрачервоних далекомірів на ультразвуковий датчик HC-SR04 не впливають джерела світла або колір перешкоди.

Можуть виникнути труднощі при визначенні відстані до пухнастих або тонких об'єктів. Швидкість звуку в повітрі залежить від температури, це впливає на точність датчика.



Рис. 2.13. Ультразвуковий далекомір Ultrasonic ranging module HC-SR04 [16]

Схема ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04 наведена на рис. 2.14.

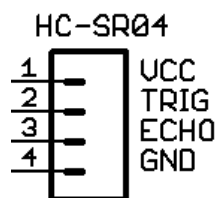


Рис. 2.14. Схема ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04

Призначення контактів

VCC - живлення.

GND - загальний провід.

Trig - цифровий вхід для включення вимірювання.

Echo - після завершення вимірювання, на цей вихід буде подана логічна одиниця на час, пропорційний відстані до об'єкта.

2.5. Розробка електричної принципової схеми електронної системи виявлення перешкод

Після підбору всіх необхідних компонентів системи складаємо принципову електричну схему. На вхід IN перетворювача подаємо живлення з батарейок, які заряджаються від сонячної панелі, а з виходу OUT забираємо підвищену напругу. За допомогою опору її можна регулювати. Для цього потрібно підключити мультиметр в режимі вимірювання постійної напруги, і встановити опір 9.5 - 10 В. З виходу перетворювача живлення піде на вхід мікроконтролера RAW. Для живлення датчиків і сенсора відстані Ultrasonic, будемо брати живлення 5В (ніжка МК VCC).

Принципова схема електронної системи виявлення перешкод наведена на рис. 2.15.

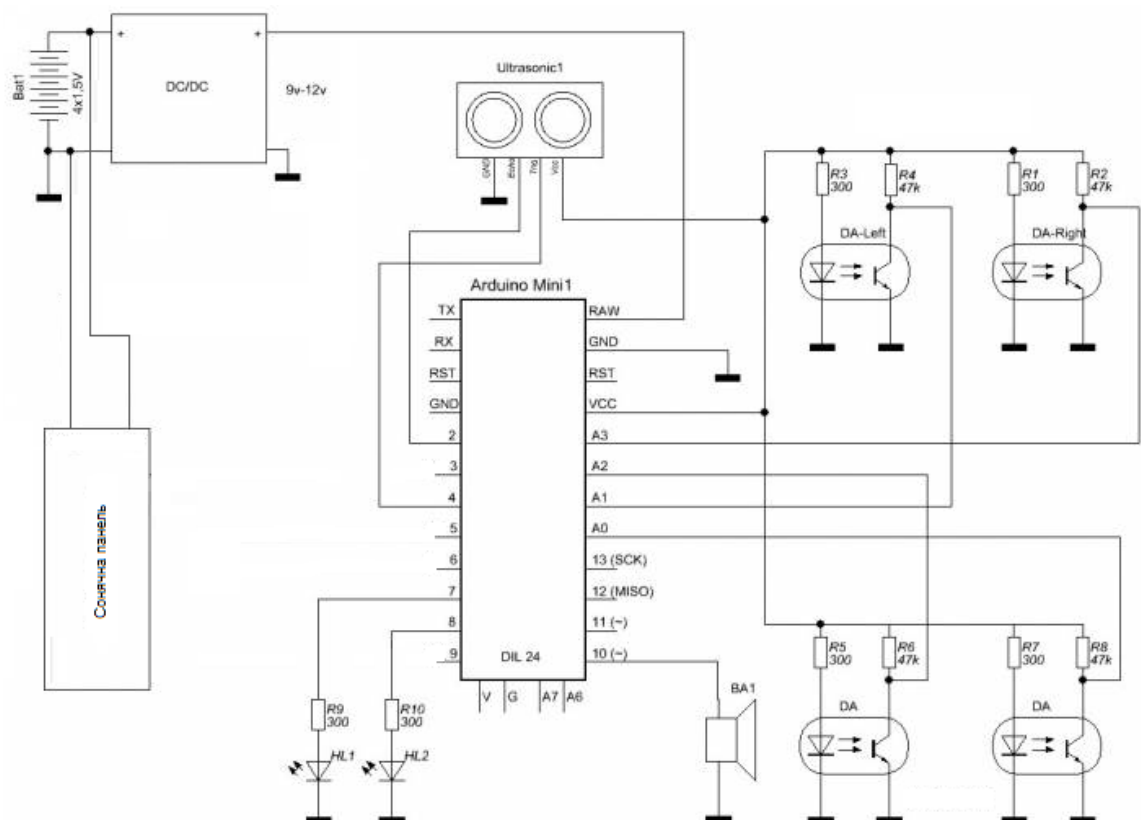


Рис. 2.15. Принципова схема електронної системи виявлення перешкод

Вихід 10 МК будемо використовувати для підключення «піщалки» або зумера Ва1. Особливої премудрості в підключенні немає.

Ультразвуковий далекомір Ultrasonic підключаємо до виходу 2 (Echo) і до виходу 4 (Trig). Живлення далекоміра здійснюється від 5В, вивід VCC Ардуіно. Принцип роботи далекоміра полягає в наступному: по команді мікроконтролера на вхід Trig подається певний імпульс, він перетворюється в ультразвукову частоту одним з «вічок» сенсора. Як тільки випромінювач видав ультразвуковий імпульс, вбудована схема сенсора включає лічильник часу і чекає повернення відбитого сигналу, який приймається другим «вічком». Результат перетворюється в якесь значення, і повертається в МК через вихід Echo. Програма мікроконтролера перетворює це значення в зрозумілу нам метричну систему – сантиметри.

І наостанок у нас залишилися тільки ІК датчики для визначення краю рингу. Зазвичай це інфрачервоний (ІК) світлодіод і фототранзистор, так би мовити оптична пара. Принцип роботи такого датчика досить простий. ІК світлодіод випромінює світло, яке, відбиваючись від поверхні, вловлюється фототранзистором. Чим світліше відображена поверхня, тим сильніше відкриється фототранзистор. Колектор транзистора, підключений до входу АЦП контролера, він то і визначить, на скільки сильно відкриється транзистор. АЦП нашого контролера 10 бітний, тобто його значення при напрузі 5В на вході дорівнює 1024.

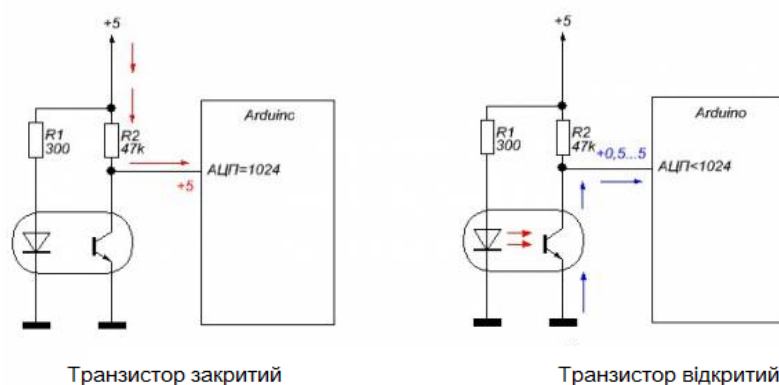


Рис. 2.16. Принцип роботи АЦП в режимі вимірювання

На рис. 2.16 зображено принцип роботи АЦП в режимі вимірювання. Коли транзистор закритий, через опір R_2 на вхід АЦП надходить позитивна напруга, вона буде дорівнює напрузі живлення і опорній напрузі МК. Транзистор закритий через те що на його базу не поступає достатня кількість світла. Поверхня, що відбиває темна.

Коли на транзистор надходить достатня кількість світла (світла поверхня), він відкривається, напруга на вході АЦП падає, прагнучи до нуля. Відповідно значення самого АЦП так само буде зменшуватися. У підсумку потрібно тільки буде отримати значення АЦП, проаналізувати його і визначити колір поверхні рингу. Слід враховувати, що навіть сама темна поверхня щось та відображає. У процесі експериментів значення темної поверхні коливалися в межах 700-850, а світлої 28-30. Цього цілком достатньо щоб визначити світлу і темну поверхню. Але в будь-якому випадку ці параметри підбираються експериментально або за допомогою програми калібрування, адже датчики у всіх можуть бути різними. Підбираючи опір R_1 , ми можемо регулювати яскравість ІК світлодіоду, при напрузі 5В номінал може бути в межах 180-330 Ом. Значення опору R_2 в межах 10-56К.

У перспективі, у якості подальших досліджень, можна встановити ще два додаткові датчики, які є на принциповій схемі. Поки їх не будемо використовувати, але друковану плату для них все ж розробимо. Можливо, це будуть задні або бічні датчики, які зможуть визначити, з якого боку станеться перешкода.

До виходів 7 і 8 Ардуіно підключені звичайні світлодіоди. Можна їх використовувати у якості підсвічування у темний час доби. Так як у нас є ще вільні АЦП входи можна поставити дільник напруги і заміряти ємність батарей, а світлодіодами сигналізувати про їх стан (червоний-розряджені, зелений-норма).

2.6. Розрахунок електричного режиму та параметрів електронної системи виявлення перешкод

Здійснемо розрахунок далекоміра. Частота 40 кГц. Задамо $C_1 = 10 \text{ пФ}$. Знаючи співвідношення для часу періоду T (час від початку одного імпульсу до початку наступного), можна знайти опір R_1 .

$$T = 1,4 \cdot R_1 \cdot C_1 \quad (2.11)$$

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.12)$$

$$R_1 = \frac{1}{1,4 \cdot f \cdot C_1} \quad (2.13)$$

$$R_1 = \frac{1}{1,4 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12}} \approx 18 \text{ кОм}$$

Зробимо розрахунок транзисторів VT_1 і VT_2 (рис. 2.17)

Робоча частота $f_p = 2 \text{ МГц}$. Тоді:

$$T = \frac{1}{f_p} = \frac{1}{2 \cdot 10^6} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Знайдемо тривалість імпульсу, знаючи період T (рис. 2.18).

$$\tau_U = \frac{T}{4} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{4} = 125 \text{ нс}$$

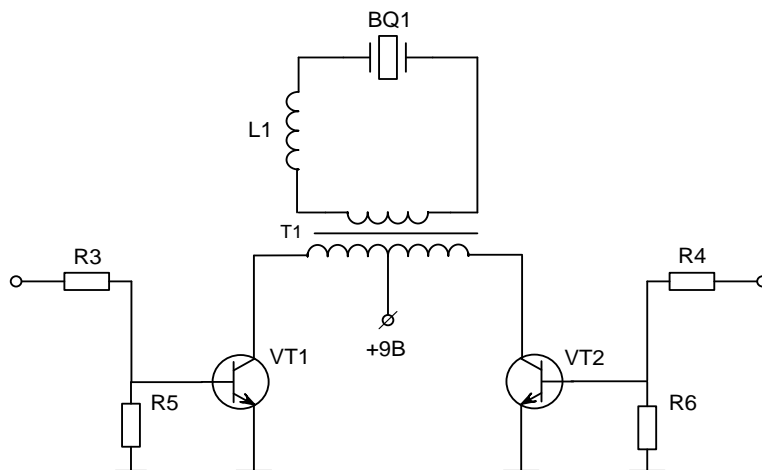


Рис. 2.17. Транзистори VT_1 і VT_2

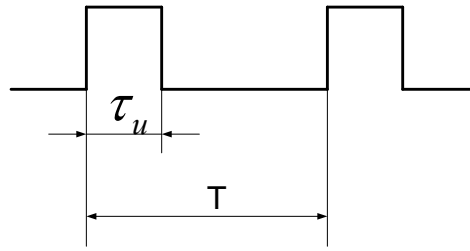


Рис. 2.18. Період та час імпульсу

Транзистори повинні задовольняти умові

$$t_{\phi} = \frac{T}{10} = \frac{0.5 \cdot 10^{-6}}{10} = 50 \text{ нс}.$$

Для нашого випадку виберемо транзистор типу КТ316А і проведемо розрахунок величини часу наростання t_{ϕ} (за цим параметром можна буде судити про правильність вибору типу транзистора).

Час наростання можна знайти, використовуючи формули:

$$t_{\phi} = \tau \cdot \ln \frac{S}{S-1} \quad (2.14)$$

$$\tau = \tau_{\beta} + C_{\kappa\sigma} R_k (\beta + 1) \quad (2.15)$$

$$S = \frac{I_{\sigma 1}}{I_{\sigma n}}; I_{\sigma 1} \approx \frac{E_{\Gamma 1} - U_{\sigma 3}}{R_{\Gamma}}; I_{\sigma n} = \frac{I_{\kappa n}}{\beta}$$

$$I_{\kappa n} = I_I = I_n \cdot n, \quad (2.16)$$

де n - коефіцієнт трансформації; $E_{\Gamma 1} = 13 \text{ В}$ - напруга збудження транзистора; $U_{\sigma 3} = 0,6 \text{ В}$ - порогова напруга переходу база - емітер кремнієвого транзистора; $\tau_{\beta}, C_{\kappa\sigma}, \beta$ - власні параметри транзистора.

Транзистор типу КТ316А має наступні параметри:

$$\beta = 40; C_{\kappa\sigma} = 3 \text{ нФ}; \tau_{\beta} = 150 \text{ нс}.$$

Враховуючі, що $R_{\Gamma} = 1 \text{ кОм}$; $I_{\kappa n} = 1,1 \text{ мА}$; $R_k = 12,4 \text{ кОм}$ отримаємо:

$$I_{\sigma n} = \frac{I_{\kappa n}}{\beta} = \frac{1,1}{40} \approx 0,03 \text{ мА};$$

$$I_{\sigma 1} = \frac{E_{\Gamma 1} - U_{\sigma 3}}{R_{\Gamma}} = \frac{13 - 0,6}{1 \cdot 10^3} \approx 12,4 \cdot 10^{-3} \text{ А} \approx 12,4 \text{ мА};$$

$$S = \frac{I_{\delta 1}}{I_{\delta n}} = \frac{12,4}{0,03} = 413;$$

$$\tau = \tau_{\beta} + C_{\kappa \delta} R_k (\beta + 1) = 150 \cdot 10^{-12} + 3 \cdot 10^{-12} \cdot 12,4 \cdot 10^3 \cdot (40 + 1) = 150 \cdot 10^{-12} + 1,5 \cdot 10^{-6} \approx 1,5 \text{ нс};$$

$$t_{\phi} = \tau \cdot \ln \frac{S}{S-1} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \frac{413}{412} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0024 = 3,67 \text{ нс}.$$

Таким чином, видно, що розрахована величина часу наростання 3,67 нс менше необхідної величини 50 нс; отже, тип транзистора нами обраний правильно.

Далі проведемо розрахунок надійності електричної схеми. Проблема забезпечення надійності пов'язана з усіма етапами створення виробу і всім періодом його практичного використання. Надійність виробу закладається в процесі його конструювання і розрахунку та забезпечується в процесі його виготовлення шляхом правильного вибору технології виробництва, контролю якості вихідних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, контролю режимів і умов виготовлення [17].

Знаючи елементну базу електричної схеми, можна розрахувати її надійність.

Працездатність системи оцінюється як сума ймовірностей безвідмовної роботи елементів:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (2.17)$$

де $P_i(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента.

Система, як і елемент, може перебувати в одному з двох несумісних станів: відмови або працездатності. отже,

$$P(t) + Q(t) = 1; Q(t) = 1 - P(t), \quad (2.18)$$

де $Q(t)$ - ймовірність відмови системи, яка визначається за виразом:

$$Q(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (2.19)$$

При довільному законі розподілу часу напрацювання до відмови для

кожного з елементів:

$$P_i(t) = e^{-\int_0^t \lambda_i(t) dt}, \quad (2.20)$$

де $\lambda_i(t)$ - інтенсивність відмов i -го елемента.

Імовірність безвідмовної роботи системи відповідно запишеться:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\int_0^t \lambda_i(t) dt} \quad (2.21)$$

За останнім виразом можна визначити ймовірність безвідмовної роботи системи до першої відмови при будь-якому законі зміни інтенсивності відмов кожного з n елементів у часі.

Для найбільш часто застосовуваної умови $\lambda_i(t) = \text{const}$ вираз для ймовірності безвідмовної роботи системи набуде вигляду:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i\right)t}, \quad (2.22)$$

де $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ можна уявити як інтенсивність відмов системи, зведеної до еквівалентного елемента з інтенсивністю відмов:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \text{const} \quad (2.23)$$

Для нашого випадку розрахунок надійності системи буде виробляти в розрахунку на 1 рік. У розрахунку будемо використовувати номінальні значення інтенсивності відмов елементів.

Дані для визначення інтенсивності відмов наведені в табл.2.1

Таблиця 2.1 – Визначення інтенсивності відмов

№п/п	Найменування елемента	Кількість елементів, шт.	Інтенсивність відмов при нормальному режимі роботи, $\lambda_{01} \cdot 10^6 1/год$	Інтенсивність відмов, $\lambda_{01} \cdot 10^6 1/год$
1	Генератор	1	0,35	0,35
2	Резистор	32	0,043	1,376
3	Мікросхема	5	0,013	0,065
4	Транзистор	4	0,84	3,36
5	Діод	5	0,2	1
6	конденсатор	16	0,06	0,9

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i = (0,35 + 1,376 + 0,065 + 3,36 + 1 + 0,9) \cdot 10^{-6} = 7,05 \cdot 10^{-6} 1/год$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи протягом заданого напрацювання (8760 годин).

$$P(t) = e^{-7,05 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} = e^{-0,062} = 0,94$$

Середній час напрацювання до відмови дорівнює:

$$T = \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{7,05 \cdot 10^{-6}} = 1,42 \cdot 10^5 \text{ год (приблизно 16 років)}$$

Таким чином, розрахунок показав, що надійність схеми досить висока.

Висновки до другого розділу

У межах другого розділу даного дипломного проекту здійснено дослідження технічних параметрів розроблюваної електронної системи виявлення перешкод, визначено основні функціональні напрямки використання, розроблено структурну схему системи, здійснено підбір обладнання та розрахунок основних параметрів електричної схеми.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Розробка схеми структурної установки для дослідження параметрів електронної системи виявлення перешкод

Ультразвуковий датчик HC-SR04 для Arduino працює за принципом ехолокації: випромінює звукову хвилю і приймає відбитий ехо-сигнал. Час між відправленим і прийнятим сигналом можна перетворити в відстань.

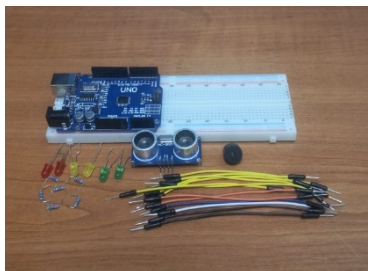


Рис. 3.1. Комплектуючі пристрою: ультразвуковий датчик HC-SR04; світлодіоди – 6 шт.; резистори 220 Ом – 6 шт.; п'єзовипромінювач – 1 шт.; макетна плата

На макетній платі розміщуємо 6 світлодіодів. У світлодіодів мінусовий контакт буде загальним. Катоди приєднуємо до мінусової шини на макетній платі. До довгих ніжок світлодіодів (аноди) підключаємо резистори 220 Ом, без них світлодіоди вийдуть з ладу. По центру встановлюємо ультразвуковий датчик.

Далекомір HC-SR04 має 4 ніжки:

- Vcc — живлення 5 В;
- Echo — вихід;
- Trig — вхід;
- GND — земля.

До ніжок датчика системи підключаємо дроти. Echo буде з'єднаний з 12-м контактом, а Trig з 13-м. GND до землі на платі мікроконтролера, а Vcc відповідно до висновку 5В на Arduino. Також підключаємо дроти до ніжок резисторів. І послідовно до входів Arduino від 2 до 7. П'єзовипромінювач

має два контакти. Негативний контакт об'єднаємо з мінусом від ультразвукового далекоміра, а позитивний – з 11 піном на платі Arduino Uno.

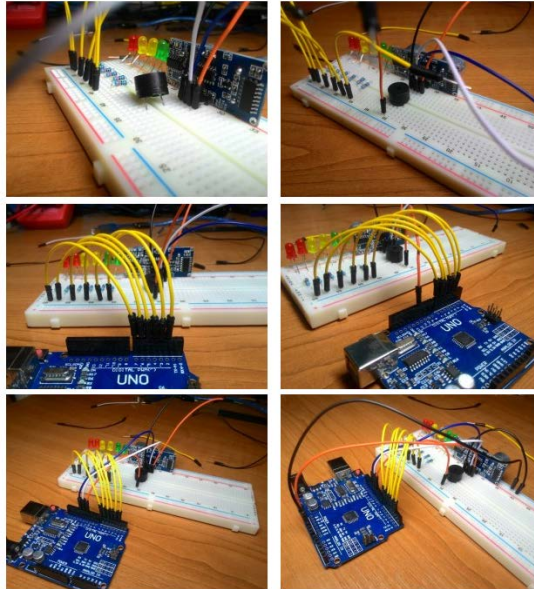


Рис. 3.2. Покрокова збірка системи

Щоб схема на Arduino запрацювала, необхідно написати і завантажити скетч (код програми).

При наближенні на зазначену в скетчі дистанцію будуть послідовно загорятися світлодіоди і звучати сигнал різної тональності, який попередить про небезпечне зближення.

Код програми для Arduino

```
#define trigPin 12          // оголошення
#define echoPin 13         // змінних
#define led 2
#define led2 3
#define led3 4
#define led4 5
#define led5 6
#define led6 7
#define buzzer 11

int sound = 250;

void setup() {
```

```

Serial.begin (9600);          // налаштування
    pinMode(trigPin, OUTPUT);  // портів
pinMode(echoPin, INPUT);
    pinMode(led, OUTPUT);
    pinMode(led2, OUTPUT);
pinMode(led3, OUTPUT);
pinMode(led4, OUTPUT);
pinMode(led5, OUTPUT);
pinMode(led6, OUTPUT);
pinMode(buzzer, OUTPUT);
}
void loop() {
    long duration, distance;
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    // щоб почати вимірювання, треба на вхід trigPin подати
    // високий сигнал 5В на 10 мкс
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    // з виходу echoPin зчитується, як довго був відкритий
    // порт
    distance = (duration/2) / 29.1;
    // перетворення отриманого параметра в дистанцію
    if (distance <= 30) {
        // перша умова: якщо відстань менше або дорівнює 30,
        // то включити перший світлодіод
        digitalWrite(led, HIGH);
        sound = 250;
    }
    else {
        digitalWrite(led, LOW);
        // якщо умова не виконується - вимкнути світлодіод
    }
    if (distance < 25) {
        digitalWrite(led2, HIGH);
        sound = 260;
    }
    else {
        digitalWrite(led2, LOW);
    }
    if (distance < 20) {
        digitalWrite(led3, HIGH);
        sound = 270;
    }
    else {
        digitalWrite(led3, LOW);
    }
    if (distance < 15) {
        digitalWrite(led4, HIGH);
    }
}

```

```

        sound = 280;
    }
    else {
        digitalWrite(led4,LOW);
    }
    if (distance < 10) {
        digitalWrite(led5, HIGH);
        sound = 290;
    }
    else {
        digitalWrite(led5,LOW);
    }
    if (distance < 5) {
        digitalWrite(led6, HIGH);
        sound = 300;
    }
    else {
        digitalWrite(led6,LOW);
    }

    if (distance > 30 || distance <= 0) {
        Serial.println("***");
        noTone(buzzer);
    }
    else {
        Serial.print(distance);
// виводить відстань в сантиметрах
// в моніторі послідовного порту
        Serial.println(" cm");
        tone(buzzer, sound);
// задає відповідний тон п'єзодинаміка
    }
    delay(500);
// затримка 0,5 с між виконаннями алгоритму
}

```

3.2. Методика експериментальних досліджень, порівняння отриманих результатів з розрахунковими параметрами

Проводилося визначення відстані до різних об'єктів і результат спостереження виводився на індикаторі приймального вузла. (рис. 3.3), у нашому випадку через Ноутбук. В якості перешкоди використовувалися об'єкти з різними коефіцієнтами відбиття ультразвуку, як, наприклад, скло, картон, тканина.



Рис. 3.3. Макетні випробування системи виявлення перешкод с перешкодою зі скла [21]

Результати перевірки підтвердили працездатність пристрою в цілому. При цьому були отримані оцінки технічних характеристик пристрою для різних поверхонь, що відбивають, які наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Експериментальні технічні характеристики електронної системи виявлення перешкод

Параметр	Скло	Картон	Вовняна тканина
Мінімальна вимірювана відстань, м	0,1	0,1	0,1
Максимальна стійко вимірювана відстань, м	1,5	1	0,25
Роздільна здатність, м	0,02	0,02	0,02

Отримані результати відповідають вимогам, викладеним раніше, і узгоджуються з теоретичними для випадку поверхні, що добре відбиває. Разом з тим, з отриманих даних впливає максимальна відстань виявлення перешкоди сильно залежить від коефіцієнта відбиття, тобто від матеріалу з якого складається перешкода.

Висновки до третього розділу

З цих результатів впливає ряд висновків, важливих для проектування систем, що включають в себе ультразвукові вимірювачі відстаней:

- використання ультразвукових вимірювачів відстані без використання додаткової підтримки виправдано тільки у випадку, якщо умови роботи системи чітко обумовлені (що відображає здатність об'єктів, межі вимірювання відстані до них);

- використання вимірників у динамічно мінливих умовах роботи без додаткової підтримки не гарантує отримання заявлених результатів. Подібна ситуація має місце, зокрема, при використанні робототехнічних комплексів і систем у польових умовах. Однак, залежність параметрів від умов роботи в рівній мірі властива іншим типам вимірювачів відстані (відео, лазерні). Звідси випливає, що використання ультразвукових датчиків в даному застосуванні доцільно використовувати спільно з іншими типами вимірювачів відстані. Це дозволяє компенсувати розбіжності у можливостях датчиків і забезпечити запас надійності системи в цілому;

- виходячи з вищесказаного, представляє інтерес визначення оптимальних комбінацій типів датчиків для використання в мобільних системах, а також оптимальних способів їх комбінування.

Разом з тим, отримані результати підтвердили працездатність запропонованих схемотехнічних і програмних рішень, що дозволило перейти до натурних випробувань розробленого модуля.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах даної бакалаврської роботи здійснено розробку та проектування електронної системи виявлення перешкод на базі мікроконтролера Arduino Pro Mini та ультразвукового далекоміра Ultrasonic ranging module HC-SR04.

Розроблений макет може заряджатися від сонячної енергії за допомогою встановленої на ньому сонячної панелі. Сама програма системи передбачає виконання команд мікроконтролера. Для виявлення перешкод використовується ультразвуковий далекомір. Також встановлені фоторезистори, використовувані мікроконтролером для пошуку найбільш освітленої області приміщення, наприклад, для того, щоб зарядити акумулятори, системі потрібно сонце.

Оснащення набором сенсорів дає можливість побудови не коректованих ззовні систем управління, структурно аналогічних систем управління, які виконують важливі прикладні задачі.

З цих результатів випливає ряд висновків, важливих для проектування систем, що включають в себе ультразвукові вимірювачі відстаней:

- використання ультразвукових вимірювачів відстані без використання додаткової підтримки виправдано тільки у випадку, якщо умови роботи системи чітко обумовлені (що відображає здатність об'єктів, межі вимірювання відстані до них);

- використання вимірників у динамічно мінливих умовах роботи без додаткової підтримки не гарантує отримання заявлених результатів. Подібна ситуація має місце, зокрема, при використанні робототехнічних комплексів і систем у польових умовах. Однак, залежність параметрів від умов роботи в рівній мірі властива іншим типам вимірювачів відстані (відео, лазерні). Звідси випливає, що використання ультразвукових датчиків в даному застосуванні доцільно використовувати спільно з іншими типами

вимірювачів відстані. Це дозволяє компенсувати розбіжності у можливостях датчиків і забезпечити запас надійності системи в цілому;

— виходячи з вищесказаного, представляє інтерес визначення оптимальних комбінацій типів датчиків для використання в мобільних системах, а також оптимальних способів їх комбінування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ДЖЕРЕЛ

1. Di Halt Учебник по микроконтроллерам AVR для начинающих – Издательство: <http://dihalt.ru/>, 2008. – 574 с.
2. Белов А. В. Микроконтроллеры AVR в радиолубительской практике – СПб: «Наука и Техника», 2007. – 339 с.
3. Шпак Ю. А. Программирование микроконтроллеров на языке СИ. – К.: «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2011. – 544 с.
4. Белов А. В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Наука и Техника, 2010. – 528 с.
5. Datasheet // Atmel Corporation [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf.
6. Datasheet // NXP Semiconductors [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT165.pdf.
7. Datasheet // NXP Semiconductors [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: https://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT595.pdf.
8. Боранбаев М. С., Андреева Т. В., Риман О. Д. Разработка робота для транспортировки малогабаритных объектов на базе микроконтроллера AVR // Молодой ученый. – 2016. – №11. – С. 277-286.
9. Девятериков Е. А., Михайлов Б. Б. Алгоритм автоматического возвращения мобильного робота по данным визуального одометра // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». 2016. – 416 с.

10. Гемуев Ш. Ш., Михайлов Б. Б. Разработка алгоритма выделения маршрута для мобильного робота // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». 2016. – 416 с.
11. Сінчук І.О. Огляд технічних засобів виявлення перешкод. Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем. Збірка матеріалів II Всеукраїнської науково-технічної конференції. 25-26 квітня 2019р. Тези доповідей. Київ, Україна. С.74.
12. Кий К. И., Серединский М. В. Система технического зрения робота «Амур» для движения на ориентиры // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». – 416 с. Resources and Technology 10 (1): 1-10. – 2013 ISSN 2307-0048 <http://rt.petrstu.ru> 126
13. Ультразвуковой дальномер HC-SR04 [Электронный ресурс]. - http://arduino-shop.in.ua/index.php?route=product/product&product_id=55.
14. Радиолокационные станции / А.П. Реутов, Б.А. Михайлов, Г.С. Кондратенков, И.П. Иванов; Под ред. А.П. Реутова. – М.: Сов. радио, 1970. – 300 с.
15. Герасюто С. Л., Прокопович Г. А., Сычѳв В. А. Построение навигационной карты внутри помещений по величине магнитного поля земли MEMS сенсором мобильного робота // Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». – СПб: Изд-во «Политезника-сервис». – 2016. – 416 с.
16. Ультразвуковой дальномер HC-SR04. [Электронный ресурс]. - <http://amperka.ru/product/hc-sr04-ultrasonic-sensor-distance-module>.
17. ATMEGA2560: 8-bit Microcontroller with 250-Kbytes self-programming Flash Program Memory. Datasheet. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.atmel.com/Images/doc2549.pdf>.

18. Newbie's guide to setting up and using the MultiWii Board. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uploads/189478565X846863X3.pdf>.
19. Ultra Sonic range measurement module. [Електронний ресурс]. URL: http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=Ultra_Sonic_range_measurement_module.
20. Бреус Д.М. Розрахунок для дослідження принципу дії ультразвукового датчику для електронної системи виявлення перешкод. Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 29)" /Збірник тез доповідей: випуск 29 (м. Тернопіль, 12 червня 2018 р.). Частина 2. – Тернопіль. – 2018. – С. 81-87.
21. Богданова Н.В., Сінчук І.О. Розробка макету акустичної системи виявлення перешкод за допомогою ультразвукового датчика HC-SR04 для ARDUINO. East European Scientific Journal. Poland. #1(41), 2019 part 1, Pp. 4-9.

